

Document made available under the Patent Cooperation Treaty (PCT)

International application number: PCT/JP04/019060

International filing date: 21 December 2004 (21.12.2004)

Document type: Certified copy of priority document

Document details: Country/Office: JP
Number: 2003-425601
Filing date: 22 December 2003 (22.12.2003)

Date of receipt at the International Bureau: 24 February 2005 (24.02.2005)

Remark: Priority document submitted or transmitted to the International Bureau in compliance with Rule 17.1(a) or (b)



World Intellectual Property Organization (WIPO) - Geneva, Switzerland
Organisation Mondiale de la Propriété Intellectuelle (OMPI) - Genève, Suisse

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

24.12.2004

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日
Date of Application: 2 0 0 3 年 1 2 月 2 2 日

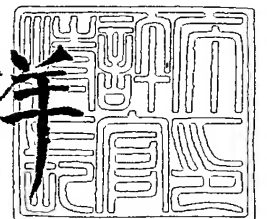
出 願 番 号
Application Number: 特 願 2 0 0 3 - 4 2 5 6 0 1
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 3 - 4 2 5 6 0 1]

出 願 人
Applicant(s): 松下電器産業株式会社

2 0 0 5 年 2 月 1 0 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

小 川 洋



【書類名】 特許願
【整理番号】 2032450283
【提出日】 平成15年12月22日
【あて先】 特許庁長官殿
【国際特許分類】 G02F 1/37
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 水内 公典
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 笠澄 研一
【発明者】
 【住所又は居所】 大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地 松下電器産業株式会社内
 【氏名】 森川 顕洋
【特許出願人】
 【識別番号】 000005821
 【氏名又は名称】 松下電器産業株式会社
【代理人】
 【識別番号】 100081813
 【弁理士】
 【氏名又は名称】 早瀬 憲一
 【電話番号】 06(6395)3251
【手数料の表示】
 【予納台帳番号】 013527
 【納付金額】 21,000円
【提出物件の目録】
 【物件名】 特許請求の範囲 1
 【物件名】 明細書 1
 【物件名】 図面 1
 【物件名】 要約書 1
 【包括委任状番号】 9600402

【書類名】 特許請求の範囲**【請求項 1】**

半導体基板に、活性層と DBR 層とを有し面発光を行う半導体レーザであって、前記半導体レーザはキャリアを注入するための電極を有し、前記電極はその中心近傍と周辺部近傍とで異なる電流密度で電流注入を行う、ことを特徴とする面発光レーザ。

【請求項 2】

請求項 1 記載の面発光レーザにおいて、前記電極と前記基板とが接触する面密度が前記電極の中心部分と周辺部分とで異なる、ことを特徴とする面発光レーザ。

【請求項 3】

請求項 1 または 2 記載の面発光レーザにおいて、前記電極は複数の微小穴を有し、前記微小穴の密度が中心部と周辺部とで異なる、ことを特徴とする面発光レーザ。

【請求項 4】

請求項 1 ないし 3 のいずれか記載の面発光レーザにおいて、前記電極と前記基板との間に抵抗層を有し、前記抵抗層の抵抗が前記電極の中心近傍と周辺近傍とで抵抗値が異なる、ことを特徴とする面発光レーザ。

【請求項 5】

請求項 1 記載の面発光レーザにおいて、前記半導体レーザは外部ミラーを有する、ことを特徴とする面発光レーザ。

【請求項 6】

半導体基板に、
活性層と、
DBR 層と
外部ミラーとを有し、面発光を行う半導体レーザであって、
前記半導体レーザはキャリアを注入するための電極を有し、
前記半導体の活性層部分は凹部を有し、
前記電極は面内で異なる領域に分割されており、
前記分割された電極間には分離抵抗領域が形成され、
前記分離された電極には互いに異なる電流注入密度で電流が注入される、
ことを特徴とする面発光レーザ。

【請求項 7】

請求項 5 または 6 記載の面発光レーザにおいて、前記外部ミラーの両面が凹形状である、ことを特徴とする面発光レーザ。

【請求項 8】

請求項 6 記載の面発光レーザにおいて、前記電極が面発光レーザの発光中心に対して、中心対称な形状に分割されている、ことを特徴とする面発光レーザ。

【請求項 9】

請求項 6 記載の面発光レーザにおいて、前記発光中心に近い電極の電流密度が、他の電極より大きい、ことを特徴とする面発光レーザ。

【請求項 10】

請求項 1 または 6 記載の面発光レーザにおいて、前記活性層の近傍に過飽和吸収体を備えた、

ことを特徴とする面発光レーザ。

【請求項 1 1】

請求項 6 記載の面発光レーザにおいて、
前記分割された電極の少なくとも一つに、変調された電流を印加する、
ことを特徴とする面発光レーザ。

【請求項 1 2】

請求項 6 記載の面発光レーザにおいて、
前記分割された電極の少なくとも一つに、高周波重畳された電圧を印加する、
ことを特徴とする面発光レーザ。

【請求項 1 3】

基板に、活性層と D B R 層とを有し、面発光を行う半導体レーザであって、
外部ミラーを備え
前記外部ミラーの両面が凹形状である、
ことを特徴とする面発光レーザ。

【請求項 1 4】

請求項 1 ないし 1 3 のいずれかに記載の半導体レーザが、
I I I - V 族窒化物系半導体材料からなる、
ことを特徴とする面発光レーザ。

【請求項 1 5】

請求項 1 ないし 1 3 のいずれかに記載の半導体レーザが、
A l G a A s 系半導体材料からなる、
ことを特徴とする面発光レーザ。

【請求項 1 6】

請求項 1 ないし 1 3 のいずれかに記載の半導体レーザが、
A l G a I n P 系半導体材料からなる、
ことを特徴とする面発光レーザ。

【請求項 1 7】

請求項 1 ないし 1 3 のいずれかに記載の半導体レーザが、
Z n S e 系半導体材料からなる、
ことを特徴とする面発光レーザ。

【請求項 1 8】

一つの基板上に請求項 1 ないし 1 7 のいずれかに記載の半導体レーザを複数備え、
前記面発光レーザ間には分離抵抗部を有する、
ことを特徴とする面発光レーザ。

【請求項 1 9】

請求項 1 ないし 1 8 のいずれかに記載の半導体レーザの面発光の発振波長が、
4 3 0 ~ 4 5 5 n m である、
ことを特徴とする半導体レーザ。

【請求項 2 0】

請求項 1 ないし 1 8 のいずれかに記載の半導体レーザの面発光の発振波長が、
6 3 0 ~ 6 5 0 n m である、
ことを特徴とする面発光レーザ。

【請求項 2 1】

請求項 1 ないし 1 8 のいずれかに記載の半導体レーザの面発光の発振波長が、
5 1 0 ~ 5 5 0 n m である、
ことを特徴とする面発光レーザ。

【請求項 2 2】

請求項 6 記載の面発光レーザにおいて、
前記分離された電極により形成される複数の半導体レーザを、異なる注入電流で駆動する、

ことを特徴とする面発光レーザ。

【請求項 2 3】

波長の異なる請求項 1 ないし 2 2 のいずれかに記載の半導体レーザを複数備え、
前記複数の半導体レーザを一つのパッケージ内に集積化してなる、
ことを特徴とする面発光レーザ。

【請求項 2 4】

請求項 2 3 記載の面発光レーザにおいて、
前記複数の半導体レーザが、前記パッケージ内で中心対称に並んでいる、
ことを特徴とする面発光レーザ。

【請求項 2 5】

請求項 5 記載の面発光レーザにおいて、
前記外部ミラーと前記活性層との間に非線形光学材料を配置してなる、
ことを特徴とする面発光レーザ。

【請求項 2 6】

請求項 1 ないし 1 7 のいずれかに記載の半導体レーザと、波長変換素子とを備え、
前記半導体レーザからの光を前記波長変換素子で波長変換する、
ことを特徴とする面発光レーザ。

【請求項 2 7】

請求項 1 ないし 2 4 のいずれかに記載の面発光レーザと、
前記レーザ光からの出力を投射する光学系とを備えた、
ことを特徴とするレーザ投射装置。

【請求項 2 8】

請求項 2 7 記載のレーザ投射装置において、
前記面発光レーザからの出射光の縦モードスペクトルがマルチモードになっている、
ことを特徴とするレーザ投射装置。

【請求項 2 9】

請求項 2 7 記載のレーザ投射装置において、
前記面発光レーザからの出射光の縦モードスペクトルが 1 n m 以上広がっている、
ことを特徴とするレーザ投射装置。

【書類名】明細書

【発明の名称】面発光レーザおよびレーザ投射装置

【技術分野】

【0001】

本発明は、安定して高出力で動作する面発光レーザおよびこれを光源として用いたレーザ投射装置に関する。

【背景技術】

【0002】

面発光レーザは、低しきい値で、優れたビーム品質をもつ半導体レーザであり、高速な変調特性を利用して光通信分野への応用が実現している。しかしながら、面発光レーザの課題として高出力化が難しいという問題があった。面発光レーザは、薄膜により構成されているため非常に短い共振器長を有する。このため、十分な利得を得るには共振器長を増大することは難しく、ビーム断面積の拡大が必要となる。一方、活性層内のキャリア密度が高すぎる場合、空間的ホールバーニングによる利得飽和による光出力の飽和が生じ、高光出力動作が阻害される。

【0003】

これらの問題を解決するには、面発光レーザにおけるビーム断面積を増大させることが有効である。ところが、面発光レーザの短共振器構造においてビーム断面積を増大させると、共振器内の横モードがマルチモード化して、ビーム品質や発振効率を著しく低下させるという問題が生じていた。

【0004】

これらの課題に対して、特許文献1で開示されているレーザ構造では、図6に示すように、面発光レーザの一方のミラーを外部ミラー1にして、共振器長の増大を図っている。この外部ミラーを用いることで、ビーム断面積を増大させても、共振モードをシングル化することが可能となり、高出力特性を実現している。なお、この図6において、2は基板、3は活性層、4はDBR(distributed Bragg reflector)層、5は上部電極、600は下部電極、8はレーザ光である。

【0005】

また、特許文献2に開示されているレーザ構造では、裏面電極を複数に分割する構成が示されており、注入する電流の分布を異なる電極により制御することで大口径の面発光レーザを実現している。

【特許文献1】米国特許第6404797号明細書

【特許文献2】特開平11-233889号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、面発光レーザにおいて高出力特性を実現する場合、活性層内におけるキャリア密度分布に問題が生じる。面発光レーザにおける光の強度分布は図6に示すように活性層内でガウス分布に近い分布を示し、発光中心に対応して出力のピークを有する。電流注入する裏面電極下の活性層内において、中心と周辺部とでは光強度分布には大きな偏りがあるにもかかわらず、活性層に注入されるキャリア密度は一樣という状態が発生する。すなわち、活性層の周辺部分では、キャリア密度が過剰な状態になり、活性層の中心部分では逆にキャリア不足が生じる。このような面発光レーザにおいて高出力特性をえる場合に、キャリアの過不足分布により活性層における屈折率分布が発生し、共振モードのマルチモード化が生じる。さらに利得飽和の発生も懸念される。

【0007】

この現象は、AlGaAs系半導体材料($\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ ($0 \leq x \leq 1$))からなる赤外半導体レーザや、AlGaInP系半導体材料($\text{Al}_x\text{Ga}_y\text{In}_{1-x-y}\text{P}$ ($0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$))からなる赤色半導体レーザと比べて、しきいキャリア密度が極めて高く、なおかつ微分利得が高い窒化物系半導体レーザで特に顕著となる。

【0008】

本発明は、前記従来の問題を解決し、さらに、安定した横モードでレーザ発振する半高出力の面発光レーザを提供することを目的とする。さらに、レーザディスプレイ用の半導体レーザとして、安定した横モードと高出力特性に優れた面発光レーザを実現する。また、これら面発光レーザを光源として用いたレーザ投射装置を得ることを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0009】

前記の目的を達成するため、本発明の面発光レーザは、半導体基板に、活性層とDBR層とを有する半導体レーザであって、前記半導体レーザがキャリアを注入するための電極を有し、前記電極は中心近傍と周辺部近傍で異なる電流密度で電流注入を行うことを特徴とする。

【0010】

また、前記電極と基板の接触する面密度が前記電極の中心部分と周辺部分で異なることで前記電極内での電流注入密度に分布をもたせることが好ましい。

【0011】

また、前記電極は複数の微小穴を有し、前記穴の密度が中心部と周辺部とで異なることが好ましい。

【0012】

また前記電極と基板との間に抵抗層を有し、前記抵抗層の抵抗が前記電極の中心近傍と周辺近傍とで抵抗値が異なることで、前記抵抗により注入する電流密度に分布を持たせることが好ましい。

【0013】

また、前記半導体レーザが外部ミラーを備えることが好ましい。

【0014】

本発明によれば、面発光半導体レーザに注入する電流密度を電極内で分布をもたせ、活性層内での光のパワー分布に会わせて注入キャリア分布を形成できる。この結果、高出力時の横モード安定性が大幅に増大し、優れた高出力特性を有する面発光レーザが実現できる。

【0015】

また、半導体基板に、活性層とDBR層とを有する半導体レーザであって、半導体レーザはキャリアを注入するための電極を有し、前記電極は面内で異なる領域に分割されており、前記分割された電極間には分離抵抗領域が形成され、前記分離された電極には異なる電流注入密度で電流が注入されることを特徴とする。

【0016】

また、前記半導体レーザはIII-V族窒化物系半導体材料からなることが好ましい。

【0017】

また、前記半導体レーザはAlGaInP系半導体材料であってもよいし、AlGaAs系半導体材料でもよいし、ZnSe系半導体材料でもよい。

【0018】

また、本発明によれば、分割された電極構造を利用して活性層へのキャリア注入を、面発光レーザ活性層内の面内光強度分布に応じて制御することができる。本発明による面発光レーザ構造では、電極が単一構造である従来構造、あるいは特許文献1、2で開示されているレーザ構造と比べて、同じ注入電流値であっても、発光中心部分により多くのキャリアが注入できる。逆に電極周辺近傍で活性層内のキャリア密度が極端に高くなる現象が緩和される。この結果、スロープ効率の向上が図られ、注入キャリア密度の低減、および光出力の飽和レベルの向上が実現される。この面発光レーザの電極構造の形状制御による高光出力化の効果は、しきい値キャリア密度が高く、微分利得の高い窒化ガリウム系の面発光レーザにおいて特に有効である。

【0019】

また、前記面発光レーザは、複数の電極の少なくとも一つに、注入する電流に高周波重

置することがさらに好ましい。

【0 0 2 0】

また、前記面発光レーザは、複数の電極の少なくとも一つに、変調された電流を印加することがさらに好ましい。

【0 0 2 1】

また、前記面発光レーザを一つの基板上に複数並べて形成し、各レーザ間の間には分離抵抗部を備えた構造がより好ましい。

【0 0 2 2】

また、前記半導体レーザを複数並べた構造において、各半導体レーザの発信波長が互いに異なることがより好ましい。

【0 0 2 3】

また、前記半導体レーザを複数並べた構造において、各半導体レーザを異なる注入電流で駆動することが好ましい。

【0 0 2 4】

また、前記半導体レーザを複数並べた構造において、複数の半導体レーザの少なくともいずれかが異なるストライプ幅を有する構造が好ましい。

【0 0 2 5】

また、波長の異なる複数の前記面発光レーザを一つのパッケージに集積化することで多波長光源が実現できる。この光源と集光光学系を用いることで超小型のレーザ照射装置が実現できる。

【0 0 2 6】

また、前記面発光レーザと投射光学系を備えたレーザ投射装置を実現できる。

【0 0 2 7】

面発光レーザを用いることで、小型、高出力化が可能となり、超小型のレーザ投射装置を実現できる。

【0 0 2 8】

また本発明によれば、前記面発光レーザ内に非線形光学材料を挿入することで短波長光発生が可能な面発光レーザが構成できる。

【0 0 2 9】

レーザ共振器内に非線形光学材料を入れることで波長変換が生じ、高調波発生により短波長光発生が可能となる。本発明の面発光レーザは横モードが単一モードに制御されているため、高効率の波長変換が行える。

【0 0 3 0】

また本発明によれば、前記面発光レーザからの光を波長変換素子により波長変換することで、高出力の短波長光発生が可能な面発光レーザを構成できる。

【0 0 3 1】

本発明の面発光レーザは横モードが単一モードに制御されているため、高効率の波長変換が行える。

【発明の効果】

【0 0 3 2】

本発明の電極分割構造によれば、非対称な端面反射率を有する半導体レーザにおけるレーザ内部の光共同分布に近いキャリア分布を実現できる。非対称の端面反射率を構成することでキャリア密度と光強度分布とのミスマッチを電極の分割構造によって解消する。本構成によって、キャリア密度を制御することで非対称な光強度分布における利得の飽和を緩和し、大出力においても安定な横モードの面発光レーザを実現することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0 0 3 3】

以下、図面を参照して本発明に係る実施形態を詳細に説明する。

【0 0 3 4】

(実施の形態 1)

【0035】

図1は本発明の実施の形態1による面発光レーザの断面、底面および光の強度分布を示す。

【0036】

図1の断面図に示すように、基板2にGa_{0.5}N_{0.5}を主体とする窒化物半導体からなる活性層3、DBR層4が構成されている。活性層3には上部電極5と下部電極6とにより電流が注入される。活性層3で発生する光はDBR構造と外部ミラー1との間で共振し、レーザ光8となって外部に取り出される。下部電極6は、図1の底面図に示したように、星形に形成されており、電極の面積が中心から外部に向かって小さくなる構成である。これにより、電極と基板2との接触する面密度が電極の中心から周辺部にかけて減少する構造が実現できる。その結果、電流注入密度に分布を持たせることが可能となる。

【0037】

この構造の特徴は、連続的な電流注入密度分布が実現できる点、単一電極で電流密度分布が達成できる点である。電極形状を図1の底面図の形にすることで注入電流密度を電極中心部分で最大にして、周辺部分に行くに従い低減できる。この下部電極の構造により、電極に活性層3に注入する電流密度の分布を制御することが可能となる。図1の光の強度分布図に示すように、活性層3における光のパワー分布はガウス分布に近く中心部分が最も光密度が高く、周辺に行くに従い低下する。

【0038】

従来の面発光レーザでは、下部電極は単一の構造からなっていた。このため、高いパワーを得るために注入電流を大きくすると、電極周辺部での光密度が増大し、ホールバーニングの発生による利得の低下や横モードの不安定性の発生を引き起こし、出力の低下や不安定性の原因となる。一方、電極の中心部近傍では、光のパワー密度の増大による注入キャリア不足が発生する。このような問題が発生するため、従来の面発光レーザでは、高出力時の横モードのマルチモード化やモードの不安定化が生じ、安定した横モードの発振が難しかった。

【0039】

これに対して、本発明の構造は、下部電極6の構造により、注入電流密度分布を光の強度分布に近づけることを可能にする。この構造により高出力時の横モード不安定性を大幅に増大することが可能となった。

【0040】

また、従来の電極を分割する構造により注入電流密度を制御する方法も既に提案されている。しかしながら、電極を分割すると、分割する部分の抵抗分離層により活性層の電柱流入にロスが生じて効率が低下する。また、分割電極の場合、注入電流分布は離散的にしかならないので、光強度分布との整合が十分ではない。複数の電極に異なる電流密度を供給するため、回路が複雑になる等の問題があった。

【0041】

これに対して、本発明の構造は単一電極で連続的な電流注入密度分布を形成できる。さらに電極を分離する抵抗分離層を必要としないため、注入電流ロスが少なく効率よいレーザ発振が可能になるという特徴も併せ持つ。

【0042】

本実施の形態1では電極面積が中心から周辺部に向かって連続的に変化する場合について述べたが、電極形状についてはこれに限定されるものではない。例えば、電極に微細な穴を開け、その数を周辺部に行くに従い増やす構造や、穴の面積を周辺部に行くに従い増加させる構造も有効である。

【0043】

また、本発明の面発光レーザは、本実施形態に示した電極構造に限られるものでなく、例えば、電極の直下に部分的に電流ストップ層を設けていてもよい。

【0044】

また、電極形状以外にも電極と基2との間に抵抗層を設け、この抵抗層の抵抗に面内分

布を持たせることで、注入電流密度分布を形成することも可能である。

【0045】

なお、本実施の形態1において、半導体レーザはGa_{0.9}N_{0.1}基板上に形成したが、III-V族窒化物系半導体材料がその上にエピタキシャル成長できる基板、例えば、SiC基板等であってもよい。

【0046】

また、本実施の形態1では、III-V族窒化物系半導体材料からなる半導体レーザについて示したが、その他のレーザ、例えば、AlGaAs系半導体材料やAlGaInP系半導体材料、ZnSe系半導体材料であっても、安定した基本横モードでレーザ発振する高出力半導体を得ることは可能である。

【0047】

特に、AlGaInP系半導体材料からなる半導体レーザは、基板面方位が(100)から[0-11]または[011]方向に傾斜したGaAs基板上に形成すれば、結晶の秩序化によるバンドギャップ変動も起こらず、安定した高出力レーザが得られる。

【0048】

また、上部電極5は基板2表面に形成したが、その他凹部表面に透明電極を形成することでも構成できる。透明電極を用いると活性層と電極の距離が近づくので、電流ロスが減って有効である。

【0049】

また本実施の形態1では、外部ミラー1を用いた面発光レーザについて説明したが、通常の薄膜からなる面発光レーザにおいても高出力特性を飛躍的に向上させることが可能となる。

【0050】

また、ここではひとつのレーザ素子にひとつの面発光部分を形成する面発光レーザについて述べてきたが、ひとつのレーザ素子に複数の発光部が形成されるマルチビーム型の面発光レーザであっても、同様の効果が得られる。本発明によるキャリア注入密度を制御する方法を用いることによって利得の飽和が緩和され、より大出力の半導体レーザを実現することができる。

【0051】

(実施の形態2)

図2は本発明の実施の形態2による面発光レーザの断面、底面および光の強度分布を示すものである。

図2の断面図に示すように、基板2にGa_{0.9}N_{0.1}を主体とする活性層3、DBR層4が構成されている。活性層3には上部電極5と下部電極60とにより電流が注入される。活性層3で発生する光はDBR構造と外部ミラー1との間で共振し、レーザ光8となって外部に取り出される。基板2はドライエッチングにより凹部9を形成し活性層3の表面近傍まで基板をエッチングしている。さらに凹部9の表面には無反射コートが施されている。基板2をエッチングすることで光の吸収を低減し、共振器内のロスを下げることで発光効率を向上している。

【0052】

図2の底面図に示したように、下部電極60の構造は中心対称の複数の領域に分割された電極構造である。分割された電極間には抵抗の高い抵抗分離部61が設けてある。下部電極6を分割することで、電極に活性層3に注入する電流密度の分布を制御することが可能となる。図2の光の強度分布図に示すように、活性層3における光のパワー分布はガウス分布に近く中心部分が最も光密度が高く、周辺に行くに従い低下する。

【0053】

従来の面発光レーザでは、下部電極は単一の構造からなっていた。このため、高いパワーを得るために注入電流を大きくすると、電極周辺部での光密度が増大し、ホールバーニングの発生による利得の低下や横モードの不安定性の発生を引き起こし、出力の低下や不安定性の原因となる。一方、電極の中心部近傍では、光のパワー密度の増大による注入キ

キャリア不足が発生する。このような問題が発生するため、従来の面発光レーザでは、高出力時の横モードのマルチモード化やモードの不安定化が生じ、安定した横モードの発振が難しかった。

【0054】

これに対して、本発明の構造は、下部電極の構造を分割して注入電流密度分布を光の強度分布に近づけることを可能にする。この構造により高出力時の横モード不安定性を大幅に増大することが可能となった。

【0055】

本実施の形態2では下部電極を2分割構造としたが、さらに細分化することでより安定した単一横モードを高出力時に実現できる。

【0056】

外部ミラー1を有する面発光レーザにおいて、本構成はより有効になる。外部ミラー1を用いることで、共振器の横モードの安定性が増大し、下部電極60近傍の活性層3における光分布を大きくすることができる。光の分布は共振器長にほぼ比例関係にあり、外部共振器により共振器長を10倍以上にできるため、有効な活性層面積を大きくできる。面発光レーザの高出力特性は有効な活性層面積に比例して増大するため高出力特性を飛躍的に向上できる。しかしながら、外部ミラーを有する面発光レーザにおいては、活性層3における光の分布と注入キャリア分布の問題が顕著となる。

【0057】

これに対して、本発明の電極分割構造は外部ミラー型の面発光レーザのキャリア分布と発光分布の不整合問題を解決し、高出力特性を大幅に改善できる。

【0058】

さらに、電極を分割する際にも有効活性層面積が小さいと分割による注入電流密度分布を形成するのが難しく、電極間の抵抗分離層の部分は注入口ロスも問題となるが、活性層面積が十分大きい外部ミラー型の面発光レーザの場合、これらの問題も殆ど無視できるため、有効である。

【0059】

また、本発明では単一の面発光レーザについて説明したが、さらに高出力化を図る場合、面発光レーザを一つの基板内に複数形成し、高出力化を図ることが可能となる。この場合、各面発光レーザ間は抵抗分離層で分離することで互いの影響を避けることができる。

【0060】

また、その他のレーザ、例えば、AlGaAs系半導体材料やAlGaInP系半導体材料、ZnSe系半導体材料であっても、分割した電極の構成によって安定した基本横モードでレーザ発振する高出力半導体を得ることは可能である。

【0061】

電極を分割した面発光レーザにおいては、その電極に注入する電流特性を工夫することで、特性を大幅に改善することが可能となる。とくに100mW以上の大出力で使用する場合に、駆動方法、変調方法、RF重畳といったレーザの駆動が困難になるが、これらの問題を本発明の面発光レーザにより解決できることが見いだされた。

【0062】

最初に、本発明の半導体レーザにおける戻り光によるノイズ発生防止機構について説明する。

戻り光ノイズとは、半導体レーザが出射した光が活性層に帰還することでノイズが大幅に増大する現象である。これを防止するため、光のコヒーレンスを低減する方法がとられている。そのひとつとして、高周波重畳（駆動電流に数100MHz程度のRF信号を重畳する方法）がある。ところが高出力レーザにおいては駆動電流が増大するため、必要なRFパワーが大幅に増大するという問題があった。RFパワーが増大すると消費電力の増大、放熱対策、放射対策等システム全体のコストが大幅に増大する。

【0063】

本発明の半導体レーザは、高出力レーザにおける高周波重畳の問題を解決する有力な方

法である。高周波重畳は、半導体レーザのキャリア密度の状態を変化させることで、光の発振状態を時間的に変化させ時間的コヒーレンスを低下させる方法である。従って、注入されるキャリア密度に対する変化率の大きさが重要である。

【0064】

従来の単一電極構造においては、注入される電流は電極全体に分散するため、キャリア密度を大きく変化させるには注入する電流に対して高周波で変化させる電流の割合を大きくとる必要があり、高周波重畳のRF振幅が大きくなっていた。

【0065】

これに対して、図2の構成の半導体レーザにおいて、一部の電極にのみRF重畳を行う構成を提案する。本発明の構成では、電極を分割しているため、各電極における電流は大幅に低下する。一部の電極に注入する電流にRF重畳する場合の電流振幅は単一電極の場合に対して何分の1かに低減可能となるため高周波重畳のパワーを大幅に低減できる。一部の電極に高周波を重畳した場合にも電極下のキャリア密度の変動は十分得られるため共振器全体の発振状態が変化して時間的コヒーレンスを下げることができる。

【0066】

さらに、本発明のハイパワーレーザにおいて、図2の光の強度分布図に示すように、高出力を得るには、発光の中心近傍の電極に高電流を注入する必要があるが、周辺部の電極には光のパワー密度にあわせて低い電流密度しか必要としない。このため、周辺部近傍の電極に注入する電流にRFを重畳すると、低いRFパワーで効率良くコヒーレンスの低下が起こり、システムの小型、低コスト化、低消費電力化が可能となる。

【0067】

また、この構造はGaNレーザに特に有効である。GaN基板をベースとする半導体レーザは、緩和振動が大きく高周波重畳を行うと、スパイクノイズが発生する。これは、半導体レーザへ注入する電流を高周波で変調すると緩和振動により出力光波形がスパイク状に変化し、変調度の何倍も高いパルス出力が発生する現象である。GaNレーザを用いた光ディスクシステムの場合、光ディスクの再生時に戻り光によりレーザのノイズが増大するのを防止するためレーザに高周波を重畳する。ところが再生時の平均パワーが低い状態でも、尖塔値の高いスパイク状の出力がでていたため、これが原因となって、再生時に記録したデータが劣化する再生光劣化の問題が発生する。これに対して、電極を分割して一部の電極に高周波を重畳する構成では、レーザの戻り光ノイズを低減した状態で、スパイク状出力の尖塔値を半分以上に大幅に低減できることが分かった。また、戻り光ノイズ低減のための高周波重畳の場合は、高周波を印加する電極としては出射端近傍の電極に印加する方が好ましい。戻り光の影響を最も受ける出射部近傍に高周波を印加することで戻り光ノイズを低減でき、同時にスパイクノイズは大幅に低減可能となる。従って、本構成は光ディスク装置等への応用に好ましい。また、その他のレーザ、例えば、AlGaAs系半導体材料やAlGaInP系半導体材料であっても、高周波重畳を効率よく印加することは可能である。

【0068】

さらに、図2の電極を分割した構成は面発光レーザの出力を変調する場合にも有効な役割を果たす。現在、半導体レーザの出力を変調する場合、レーザ全体の注入電流を変調する。ところが、半導体レーザの注入電流を変化させると、消費電力により半導体レーザの温度が変化して発振波長が変動するチャープ現象が発生する。チャープは発振波長の変動に影響する。例えば光ディスク等でメディアに記録を行う場合、光源を変調しながら記録するが、この際にチャープにより光源の波長が変動すると色収差の影響で集光スポットの大きさが変化する。この現象は光学系の分散特性が顕著になる短波長領域で特に顕著になる。これを防止するため、多電極に分割した図2の構成において、一部の電極に注入する電流を変調することで全体の出力を変調する方法を提案する。全体での電流値の変化が小さいのでチャープが小さくなり有効である。

【0069】

(実施の形態3)

この実施の形態3では、レーザ投射装置の一種であるレーザディスプレイに应用する場合の半導体レーザの構成について述べる。

レーザディスプレイは、RGBレーザ光を用いたディスプレイ装置であり、レーザ出力としては数100mWから数W以上の大出力が必要とされる。外部ミラーを有する面発光レーザは高出力化が容易であり、横モードのシングルモードが実現できる。さらにビーム形状が理想的な円形に近いため、整形光学系を必要とせず、単純な光学系でレーザディスプレイ用の集光ビームを実現できる。また、実施の形態1に示した構成で、高出力の光変調が可能となる。等の特徴が非常に有効である。しかしながら、レーザディスプレイ用の光源としては、出力特性に加えて次の特性が要求される。

【0070】

波長の安定性、特に赤色レーザにおいては視感度の波長変化が大きいので、 $\pm 1\text{ nm}$ 以下に波長変化を抑える必要がある。スペckルノイズの低減のため、コヒーレンスの低減が重要であり、波長スペクトルを数nmに拡大する必要がある。

【0071】

本実施の形態3では、上記2点の問題を面発光レーザによって解決する構成を提案する。レーザ光により映像を表現する場合、レーザ出力強度を階調に合わせて変調する必要がある。このとき問題となるのが、出力強度と共に、モードの安定性と波長変化の問題である。レーザ光としては100mW以上から数mW以下の値まで変調する必要がある。ところが、レーザ波長が出力と共に変化するという問題がある。

【0072】

この問題を解決する方法として、図2に示した半導体レーザの構成において、分割した電極の一部を変調する方法は有効である。高出力レーザにおいては、高出力時と低出力時には駆動電流が大きく異なるため、レーザの温度の差により発振波長が大きく異なるチャープングが発生する。これに対して、本発明の構成は電極を分割し、一部の電極における電流を変調することで出力変調が可能となる。これによって、注入電流の変化を低減し、波長変動の少ない安定な変調が可能となる。また横モードの安定化により階調度の増大が図れる。

【0073】

さらに、スペckルノイズの低減のため、波長スペクトルの拡大について述べる。レーザディスプレイ光源としては、高出力特性を必要とするため、平均出力を100mW以上に保った状態で高周波重畳が必要となる。このため、通常の構成では数100mAの電流を注入した状態でこの電流に高周波重畳する必要があり、数100mAの電流振幅をもった高周波を印加する構成が必要となる。

【0074】

このため、非常に大きな消費電力とハイパワーの高周波回路、および外部放射の低減が必要となる。この問題を解決するために、図2の構成において、分割した電極の一部に注入する電流にRFを重畳することが有効となる。電極を分割することで電流を低減できる。さらに後端部においては、電流密度を低減できるため、注入電流を低減できる。以上の結果、注入電流に依存するRF重畳の振幅を大幅に低減することが可能となり、システムの簡易化、小型化、低消費電力化が実現する。

【0075】

さらに、コヒーレンスをさらに低減してスペckルノイズを防止する効果を上げる方法を提案する。コヒーレンスの低下はスペクトル幅の拡大に比例する。スペクトル幅を大きく広げることでよりスペckルノイズを低減できる。このためには、半導体レーザに加える高周波重畳のパワーを増大することが有効であるが、パワー増大によるスペクトル拡大は波長で数nm程度に限られる。これに対して、スペクトル幅をさらに拡大する方法を提案する。異なる電極に異なる周波数の高周波を印加する方法である。例えば、周波数として500MHzと400MHzといった異なる周波数の高周波を電極に印加すると両電極間の発振状態の相対的な乱れが大きくなり、スペクトルの広がりが大きくなった。周波数依存性があるが、一つの電極に印加する場合に比べて1.2~1.5倍にスペクトルの広

がりが向上した。本発明の構成は 1 0 0 mW 以上の高出力光のコヒーレンス低減に特に有効である。

【0 0 7 6】

また、共振器内の一部に過飽和吸収体を入れることで自励発振を起こしスペクトルを低減することが可能である。自励発振を起こす場合にも電極を分割した構造は有効である。自励発振は過飽和吸収を利用するため、高出力レーザにおいては、適用が難しい。これを改善するため、面発光レーザの電極を分割し、活性層の一部に過飽和吸収帯を形成する。

【0 0 7 7】

例えば、図 2 の構成において、活性層の周辺部の電極にのみ過飽和吸収帯を設ける。周辺部では光のパワー密度が低いため過飽和吸収による自励発振状態を実現できる。周辺部における自励発振状態は全体の発振状態に影響を与えるため、発振全体を自励発振状態にすることが可能となる。

【0 0 7 8】

(実施の形態 4)

この実施の形態 4 では、光学系の小型化に有効な面発光レーザについて述べる。

面発光レーザは広がり角が小さくファイバー等との結合が容易な点が示されている。しかしながら、外部のレンズ等を用いたバルク光学系の小型化には広がり角が小さな特性は好ましくない。レンズ系により光をコリメートや集光する場合にレンズの有効系まで光を広げる距離が大きくなるからである。この様な問題を解決するには、図 3 に示すように、外部ミラーの外側を凹状にして光の広がり角を大きくするのが有効である。

【0 0 7 9】

(実施の形態 5)

この実施の形態 5 では、レーザディスプレイへの応用を目的とした小型の R G B 光源について述べる。

小型のレーザディスプレイを実現するには、光源の小型化が必須である。これを実現するには、実施の形態 1 ないし 4 に示した面発光レーザを用いるのが有効である。外部ミラーを用いることでその高出力化が可能となる。下部電極近傍に活性層を有するため、放熱が容易であり高出力に有利である。端面での光のパワー密度が低いので、端面劣化等が無く、信頼性に優れる等の特徴を有する。また電極分割構造により、高出力特性を飛躍的に向上できることでも優位性が得られる。面発光レーザは多波長集積化光源を実現するのに有効である。底面放熱ができるため図 4 に示す様に異なる面発光レーザを単一パッケージに実装する場合、パッケージ構造が非常に単純となり低コスト化が図れる。放熱はパッケージに付けた裏面から行え、出力は前面から取り出せる。

【0 0 8 0】

ここでは、2 つ以上の波長を備えた多波長光源を実現する。異なる波長の面発光レーザを並べる場合には、パッケージとしては図 4 の左半分を示すように面発光レーザ 1 0 1 ~ 1 0 3 を中心対称に並べるのが好ましい。

【0 0 8 1】

R G B 3 波長のレーザ光源を実現する場合、色の配置が重要である。面発光レーザにより R G B 光源を実現する場合、高出力化が難しいのが緑色光源である。緑色光源は Z n S e により実現されているが、高出力時に寿命が低下する。このため比較的低出力で使用する必要がある。このため、パッケージの構成としては、図 4 の右半分を示した構成をとる。緑色レーザ 1 0 4、1 0 5 は 2 つ使用し、対角に配置する。その他の部分に青色と赤色の面発光レーザ 1 0 6、1 0 7 を配置することで、光源の高出力化と長寿命化を実現できる。

【0 0 8 2】

また、R G B 光源と液晶または D L P 等の 2 次元空間変調素子を組み合わせ、R G B 光源から出た光を 2 次元空間変調素子で変調し、その像を投射するレーザ照射装置によりレーザディスプレイが実現できる。面発光レーザにより小型の集積光源が実現できることで超小型のレーザ照射装置が実現できた。

【0 0 8 3】

(実施の形態 6)

この実施の形態 6 では、本発明の面発光レーザを利用した短波長光を発生可能な面発光レーザについて述べる。

実施の形態 1 ないし 5 に記載した面発光レーザは高出力時に横モードのシングルモード性を維持できるため、非線形光学素子と組み合わせることで高出力の短波長光源が実現できる。波長変換素子は一般に変換可能な波長許容度が狭いため、基本波の波長および横モードは変換効率に大きく影響する。通常的面発光レーザにおいて出力の横モードのシングルモード性が劣化または変化すると変換効率が大幅に低下または変動するため、好ましくない。これに対して本発明の面発光レーザは優れた安定性と高効率化が実現できる。

【0 0 8 4】

構成としては大きく 2 つある。一つは外部ミラーと活性層からなる共振器内に非線形光学結晶を配置する構成である。共振器内では光のパワー密度が高いため、高効率変換が可能である。非線形光学材料としては、 KTiOPo_4 や分極反転 MgOLiNbO_3 が好ましい。特に分極反転 MgOLiNbO_3 は非線形定数が大きい素子長を短くできるため面発光レーザのような外部ミラーとの距離が比較的短い共振器に挿入するのには都合が良い。

【0 0 8 5】

もう一つの構成は波長変換素子を外部に持ってきて、面発光レーザからの光を変換する構成である。波長変換素子としては導波路型の素子またはバルク型の素子があるが変換効率は基本波の集光特性に大きく依存するため、横モードのシングルモード性が重要である。本発明の構成の面発光レーザは横モードシングルモードの状態で高出力化が可能のため、高出力の波長変換が実現できるため有効である。

【0 0 8 6】

(実施の形態 7)

この実施の形態 7 では、本発明の面発光レーザを用いたレーザ投射装置の一種であるレーザディスプレイについて述べる。

レーザディスプレイは RGB 光源および投射光学系からなり、レーザ光源からの光を投射光学系によりスクリーン等へ投射することでフルカラーの映像を投射できる。方式としては、外部のスクリーンや壁などの投射体に映像し反射光を見るタイプと、背面投射型としてスクリーンの背面から光を照射して反射光を見るタイプに分かれる。いずれの場合も、スクリーン等で散乱された光によって色を認識できる。

【0 0 8 7】

しかしながら、コヒーレンスの高いレーザを利用する場合、スクリーンで散乱された光が干渉してスペックルノイズを発生するという問題が発生する。スペックルノイズを低減する有効な方法はレーザ光のコヒーレンスを低減する方法である。レーザ光のコヒーレンス低減には、縦モードをマルチモード化するのが有効である。特に縦モードのスペクトル幅を拡大することで、スペックルノイズは大幅に低減できる。

【0 0 8 8】

本発明の半導体レーザは実施の形態 1 で示したように、分割した電極構造の一部に高周波を重畳することで、スペクトル幅を拡大し、コヒーレンスを低減することが可能となる。スペックルノイズを低減するには、縦モードスペクトルを波長で 1 nm 以上、さらに望ましくは 5 nm 程度以上に拡大することが必要とされる。縦モードスペクトルの拡大には、前述したように、分割した電極構造に高周波重畳を行うことで実現できる。ストライプ幅の大きなワイドストライプのレーザ構造に適用することでさらにスペクトルの拡大範囲が大きくなる。また異なる電極に異なる周波数の高周波を印加する方法、マルチストライプレーザを用いる方法でスペクトルのさらなる拡大が可能となる。

【0 0 8 9】

レーザディスプレイの波長と視感度の関係より、RGB 光源の発振波長が重要になる。視感度の影響で、使用する波長と必要な光強度が決まる。また色度の影響で、波長と色再

現性の広さが決定される。図5は青色光源の波長と必要な出力の関係を表したものである。赤色の波長を640nm、緑色は532nmに固定したとき、スクリーン上で1000lmの明るさを実現するための、青色の波長と必要な出力の関係を示している。青色光は波長が430nm以下になると視感度が低下するため、必要パワーが急増する。また460nm以上になると緑色の領域に近づくため、表現可能な色範囲が狭くなると同時に青色を表現するための必要パワーが増大する。同時に赤色のパワーも増大する結果となる。一方、GaN半導体による青色レーザは通常410nm近傍で高出力レーザが実現されている。この波長を長波長側にシフトさせるにはInの添加量を増大させる必要があるが、Inの添加量を増大させるとInの偏析により結晶組成が悪くなり、信頼性、高出力特性が劣化する。GaNを用いた青色レーザでは波長が455nm以下に設定することが望まれる。色再現性の観点からも波長が短い青色光源を用いる方が青色領域において表現できる色の範囲が広がるため、好ましい。

【0090】

以上の観点より、青色レーザの波長領域としては、430nm～455nmが好ましい。さらに好ましくは440～450nmが望まれる。必要パワーの低減による低消費電力化と高い色再現性を実現できる。赤色半導体レーザはAlGaAs系半導体材料またはAlGaInP系半導体材料によって実現できる。しかしながら高出力化を実現するには、波長630～650nmが好ましい。さらに、視感度および青色光の使用波長範囲を拡大する意味からも640nm±5nmが最も好ましい。緑色レーザはZnSe系半導体レーザにより実現可能である。ZnSe系半導体レーザはファブリペロー型半導体レーザにおいては導波路内の光パワー密度が高いため信頼性を得るのが難しかった。しかしながら本発明の面発光レーザの構成をとることで、結晶内での光パワー密度の低減が図れ、高信頼性が確保できる。色バランスを考慮した波長領域としては510～550nmの波長領域が必要である。しかしながら、半導体レーザの信頼性を考慮すると510～520nmの領域において高い信頼性と高出力特性が実現できる。緑色半導体レーザとしてはGaNにInを大量にドーピングすることでも実現可能である。この場合でも波長領域としては500～520nmが望ましい。

【産業上の利用可能性】

【0091】

以上のように、本発明の面発光レーザは分割電極構造を用いることで、面発光レーザの発光面積における光のパワー密度分布によって発生するホールバーニングによる横モードの不安定化や利得の低下といった高出力特性の劣化を防止できる。このため、高出力な半導体レーザを必要とする光記録装置、光ディスプレイ装置等の光源として有用である。またその他、レーザ加工、医用等への応用にも有用である。

【図面の簡単な説明】

【0092】

【図1】本発明の実施の形態1に係る面発光レーザの一例を示す、素子の共振器に垂直な方向の断面図、素子の底面図および素子内の光強度分布と注入電流密度分布を示す図

【図2】本発明の実施の形態2に係る面発光レーザの一例を示す、素子の共振器に垂直な方向の断面図、光レーザの一例を示す、素子の底面図および素子内の光強度分布と注入電流密度分布を示す図

【図3】本発明の実施の形態3に係る面発光レーザの一例を示す、素子の共振器に垂直な方向の断面図

【図4】本発明の実施の形態5に係る面発光レーザのパッケージの一例および他の例を示す図

【図5】本発明の実施の形態7におけるレーザ照射装置に必要な波長と出力の関係を示す図

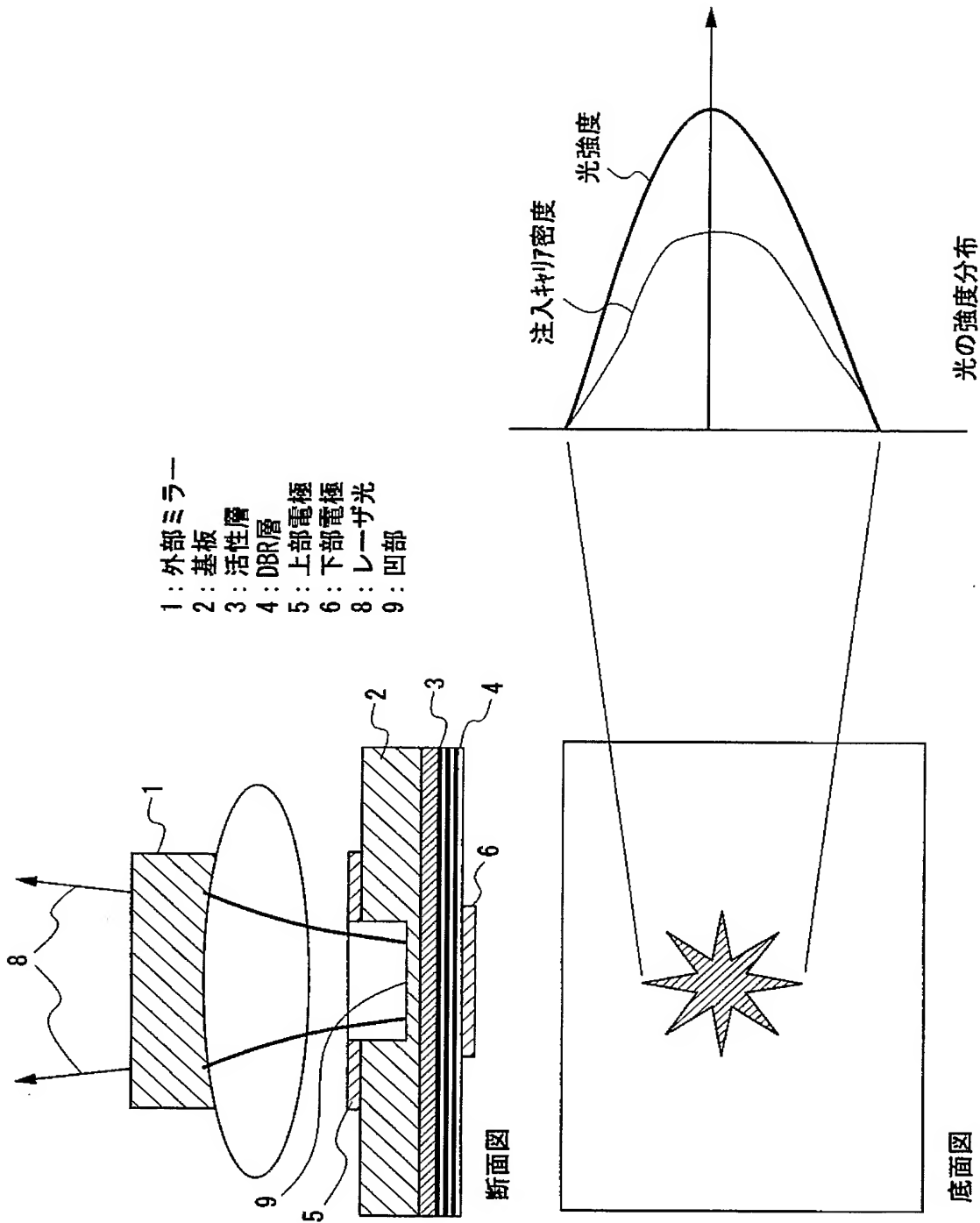
【図6】従来の半導体レーザの一例を示す、素子の共振器に垂直な方向の断面図、素子の底面図および素子内の光強度分布と注入電流密度分布を示す図

【符号の説明】

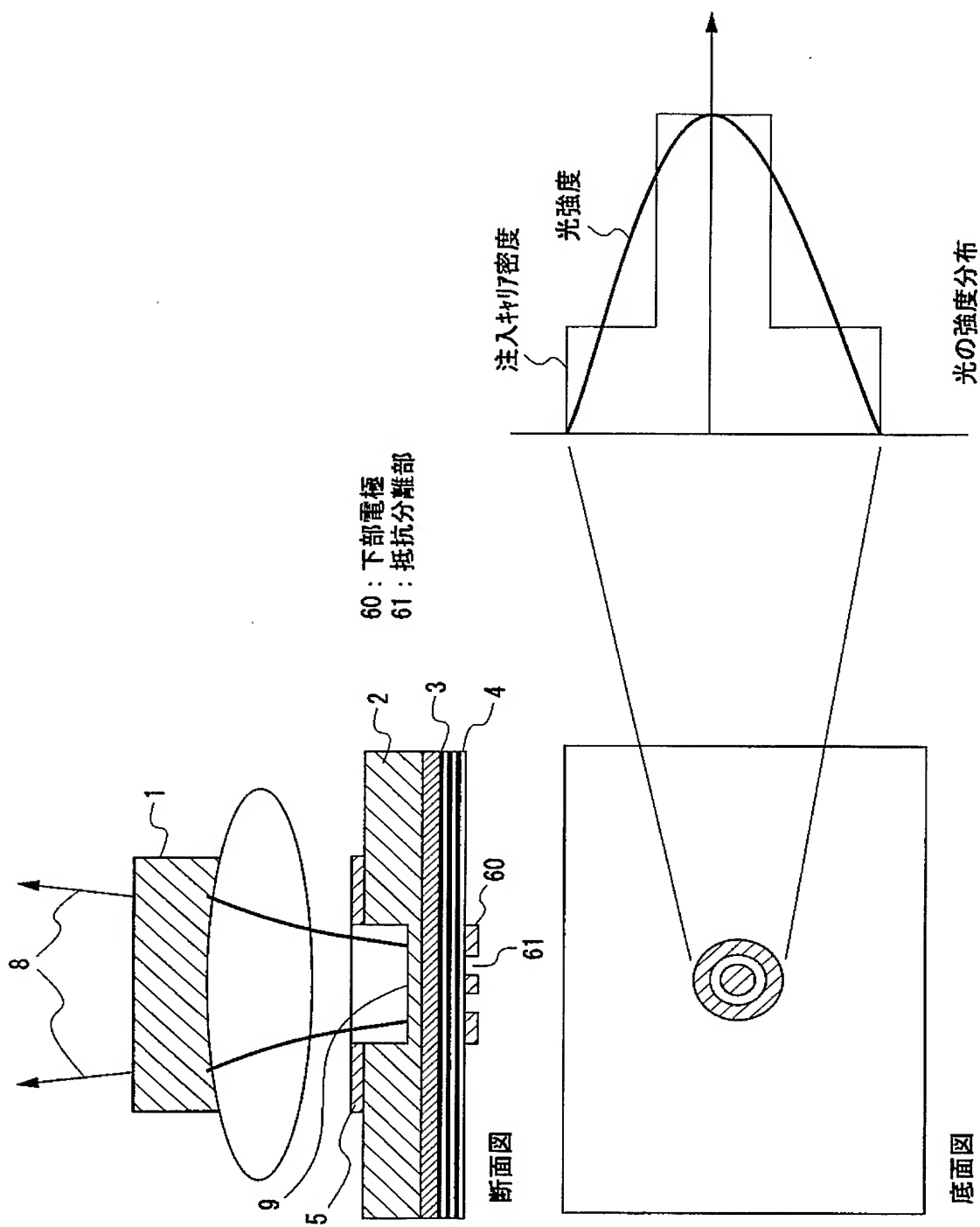
【 0 0 9 3 】

- 1 外部ミラー
- 2 基板
- 3 活性層
- 4 DBR層
- 5 上部電極
- 6, 60 下部電極
- 61 分離抵抗部
- 8 レーザ光
- 9 凹部
- 101 面発光レーザ
- 102 面発光レーザ
- 103 面発光レーザ
- 104 緑色面発光レーザ
- 105 緑色面発光レーザ
- 106 面発光レーザ
- 107 面発光レーザ

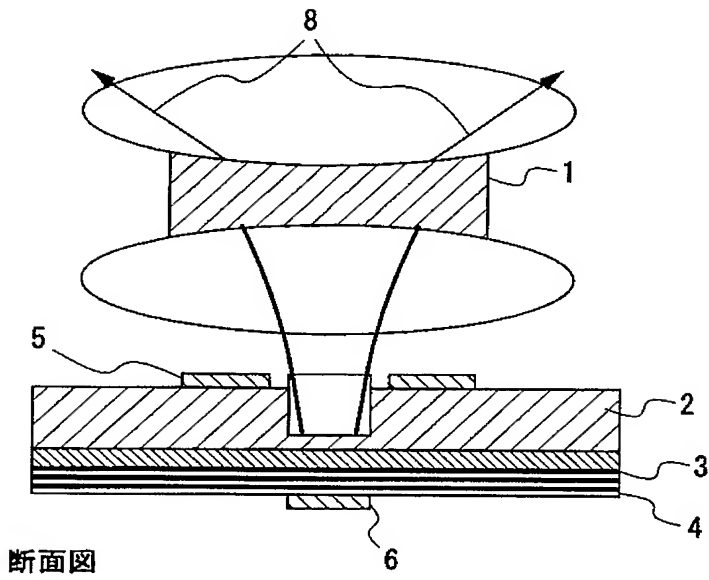
【書類名】 図面
【図 1】



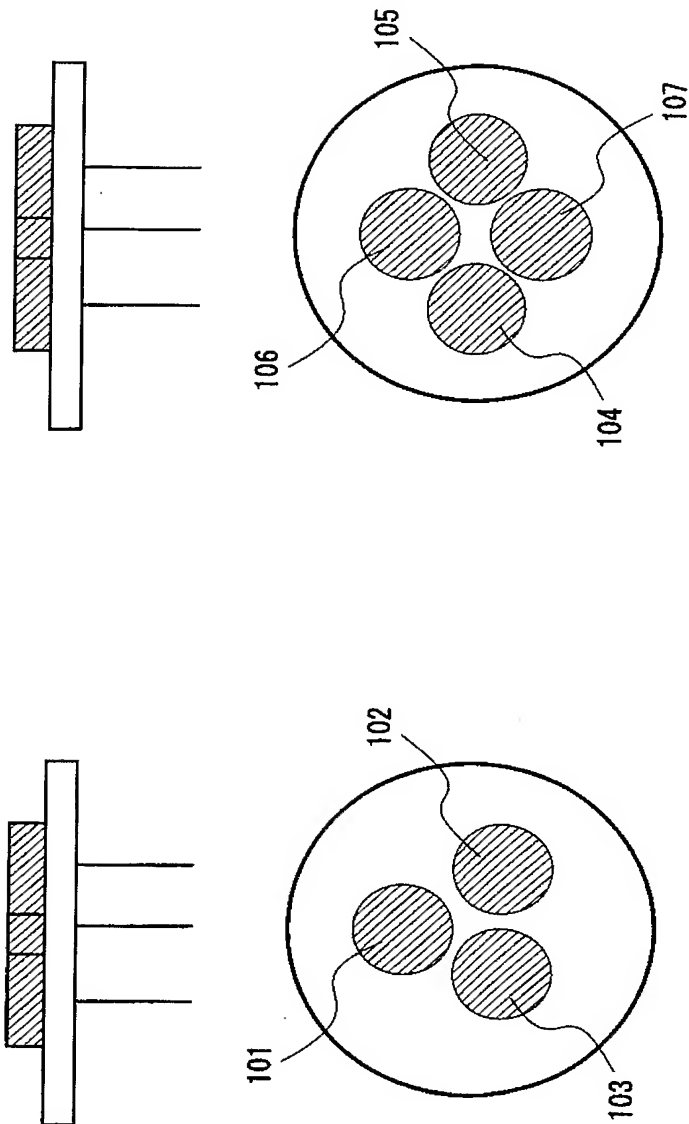
【図 2】



【図 3】

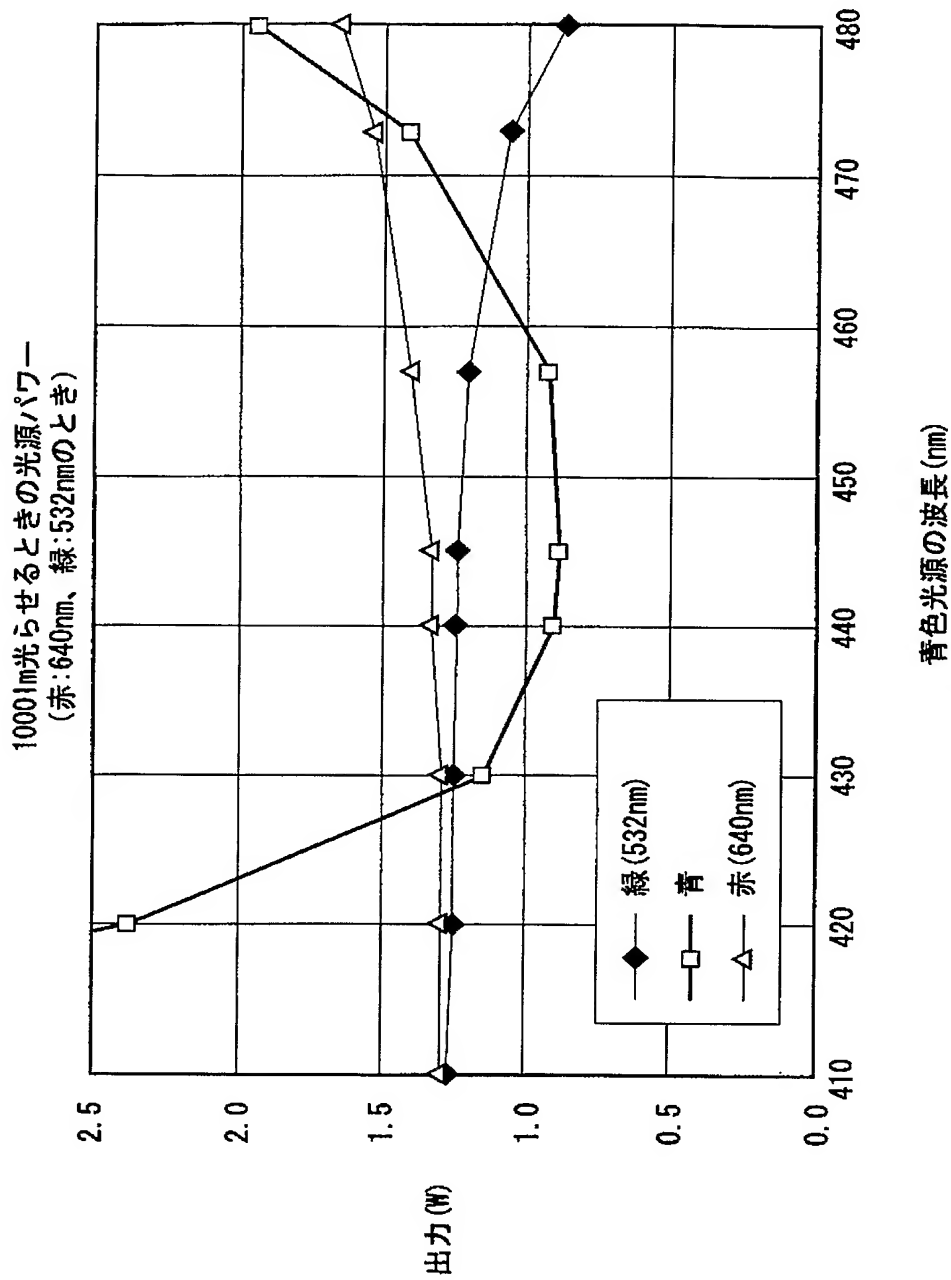


【図 4】

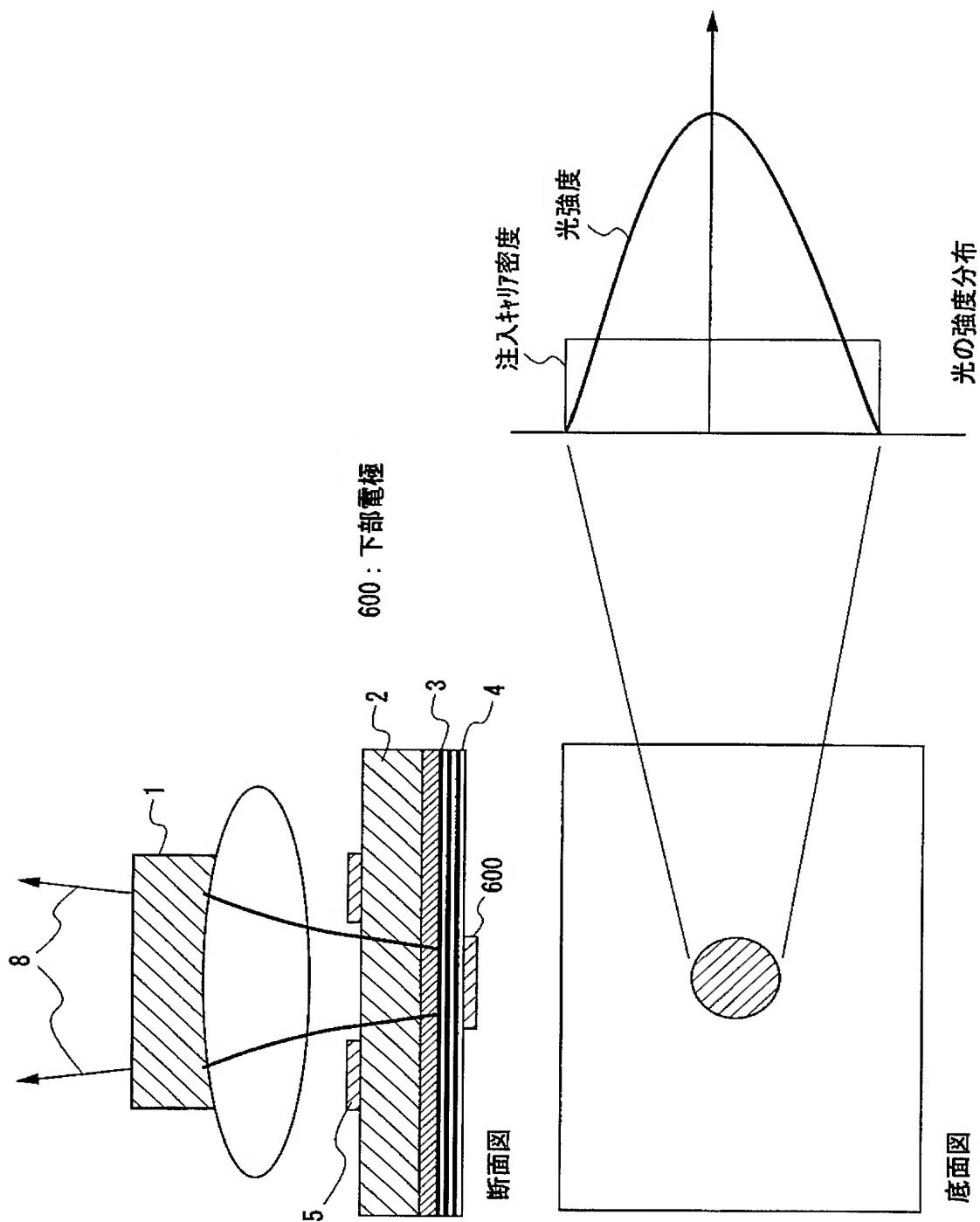


101, 102, 103, 106, 107 : 面発光レーザー
104, 105 : 緑色面発光レーザー

【図 5】



【図 6】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 高出力面発光レーザにおいて、空間的ホールバーニングによる横モードの不安定化や利得の低下による高出力特性の劣化を防止する必要がある。

【解決手段】 面発光レーザに注入する電流密度を電極 6 の中心部分と周辺部分で分布を持たせることで、注入する電流密度を活性層中心近傍から周辺近傍にむけて小さく構造とした。これにより、活性層内の光強度分布に合わせてキャリア密度分布を形成でき、活性層の周辺部分ではキャリア密度が過剰となり中心部分では逆にキャリア不足が生じ、活性層に屈折率分布が生じるのを抑えることができる構造となる。

【選択図】 図 1

特願 2 0 0 3 - 4 2 5 6 0 1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[0 0 0 0 0 5 8 2 1]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 2 8 日

[変更理由]

新規登録

住 所

大阪府門真市大字門真 1 0 0 6 番地

氏 名

松下電器産業株式会社